



énergie atomique • énergies alternatives

Systeme électronique de mesure nucléaire pour le contrôle nucléaire procédé

EFMMIN 2

17/05/2011

Stéphane Normand

Laboratoire Capteurs et Architectures Electroniques



énergie atomique • énergies alternatives

Plan

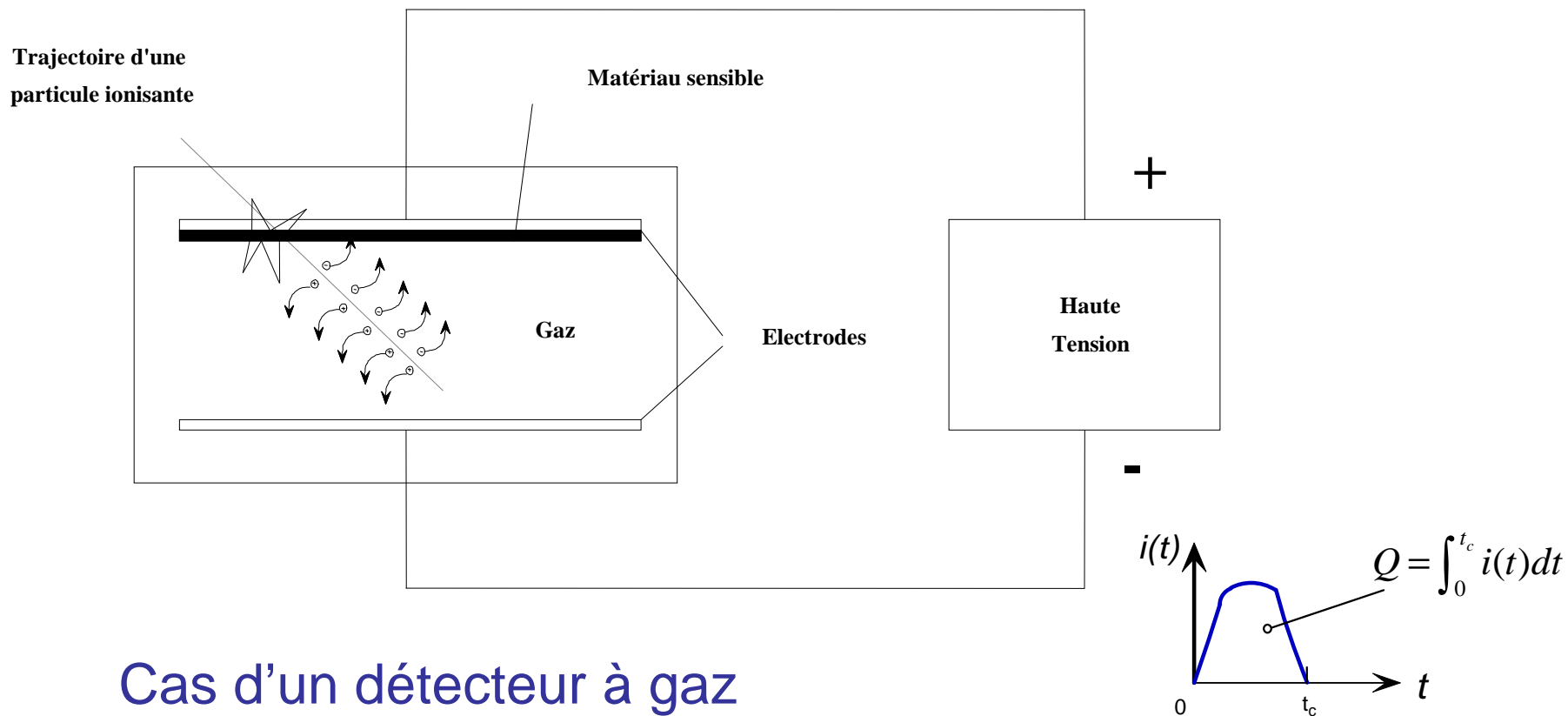
- 1 – Position de la problématique
- 2 – Quelques rappels essentiels
- 3 – Réalisation d'architecture générique pour la mesure nucléaire
- 4 – Concepts et réalisations en traitement de l'information



énergie atomique • énergies alternatives

Position de la problématique

Au début était le capteur !

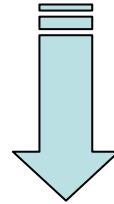


Cas d'un détecteur à gaz

Position de la problématique

Chaque impulsion en sortie du détecteur est traitée individuellement

Mais : courant très faible et de très petite durée
pC voire 100 fC



2 CAS :

Proximité de l'électronique du détecteur

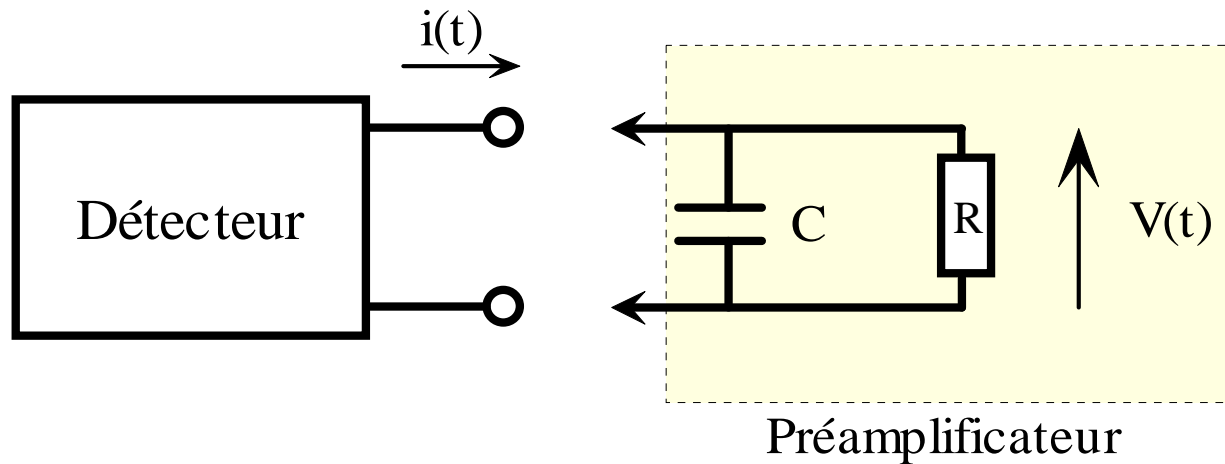
Eloignement de l'électronique du détecteur



énergie atomique • énergies alternatives

Rappel

Modèle de préamplificateur



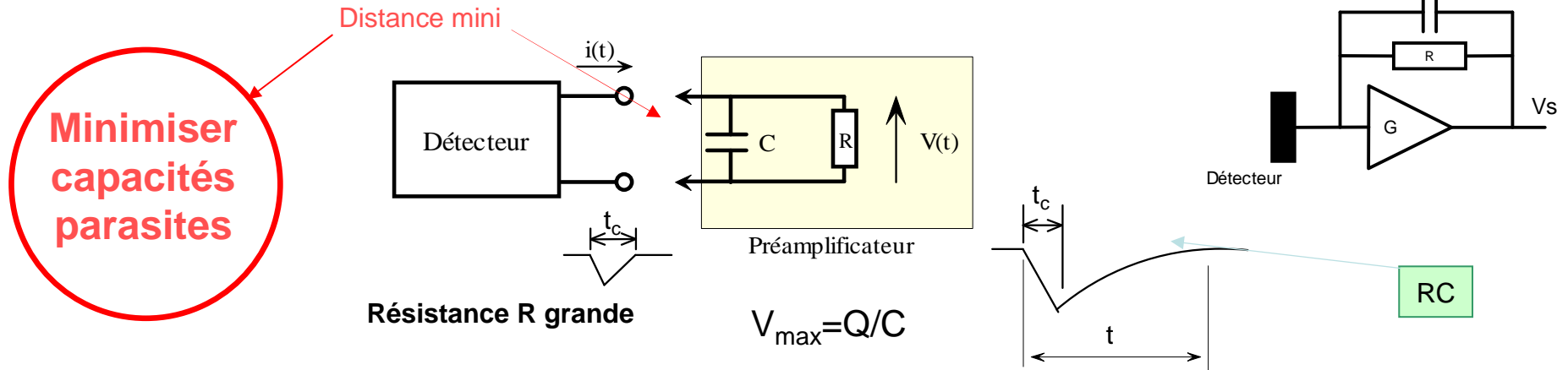
R: résistance d'entrée du circuit
C : somme des capacités, détecteur, câble, préamplificateur

1^{er} cas

Electronique de tête proche du détecteur

But : récupérer la charge délivrée à chaque évènement

collecte de charges



Utilisation d'un préamplificateur à collecte de charges

La constante de temps RC est grande devant le temps de collection t_c

$$RC = \tau \gg t_c$$



L'amplitude du signal de sortie est proportionnelle à la charge délivrée à chaque évènement

Collecte de charges

Application : Remonter à l'élément ayant produit le rayonnement

Particularités :

Electronique de tête (préamplificateur) très près du détecteur

Détecteur qui peut être refroidi → Réduction du bruit

Allongement des impulsions → 10^5 c/s

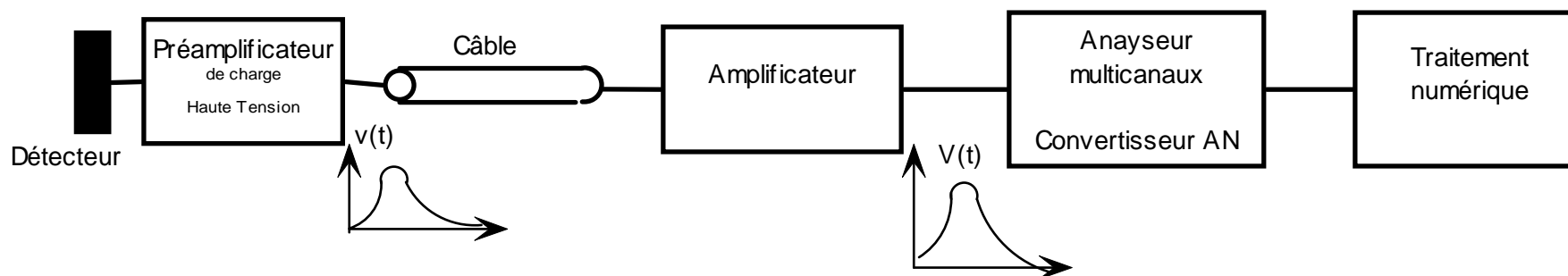
Taux de comptage limité

Empilement → Défavorable pour la discrimination neutrons/gamma



Domaine d'application :
Chaîne de spectrométrie (laboratoire)

Chaîne de spectrométrie



Synoptique d'une chaîne de spectrométrie

2^{ème} cas**Eloignement de l'électronique de tête**

Tenue aux rayonnements, à la température

Sûreté

Environnement

Réacteur

Transporter les impulsions sur plusieurs centaines de mètres !...Solution : Utiliser une ligne adaptée

Câble coaxial

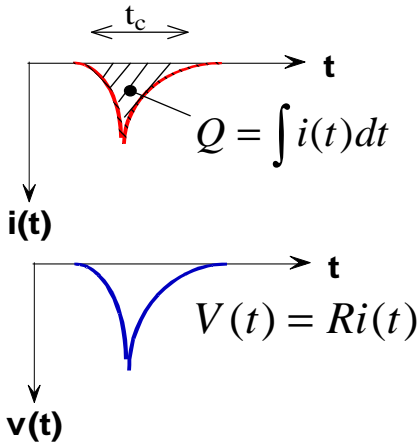
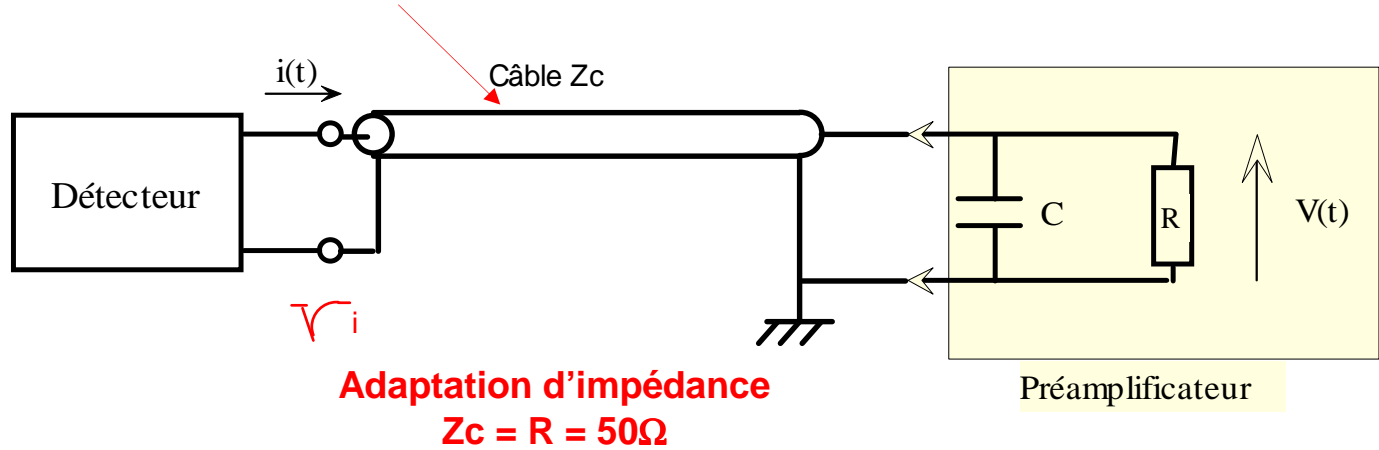
Adaptation d'impédance du circuit d'entrée

Utilisation d'un préamplificateur à collecte de courant

Amplificateur à collecte de courant

Principe 1/2

Câble coaxial à haute immunité aux parasites



La constante de temps RC est petite devant le temps de collection t_c

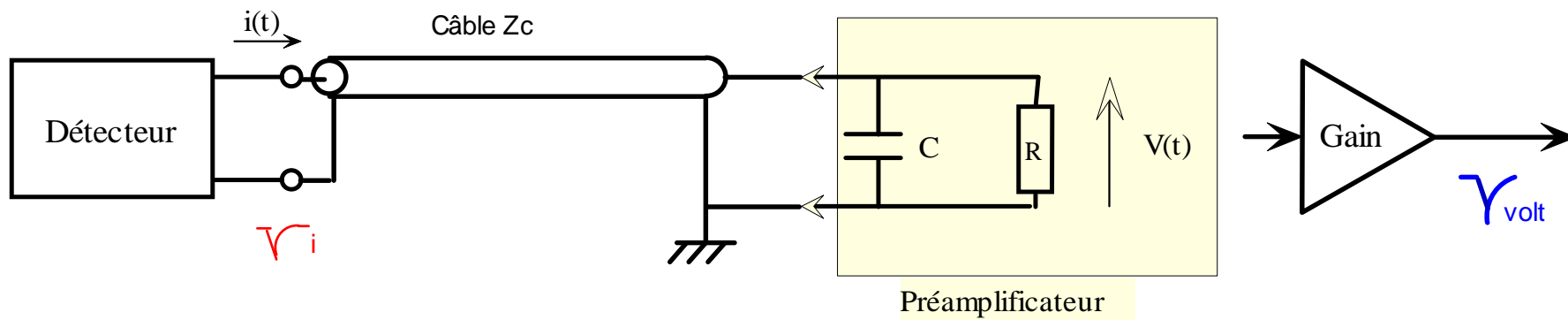
$RC = \tau \ll t_c$

Préamplificateur de courant (adapté à l'impédance caractéristique du câble)

Les impulsions de courant sont converties en tension sans augmenter leur largeur.

Amplificateur à collecte de courant

Principe 2/2



- Amplification : gain en tension.
- RC petit => électronique rapide.

Amplificateur à collecte de courant

Avantages :

- ✓ Taux de comptage élevé et limité par le détecteur
- ✓ Pas d'électronique à proximité du rayonnement
- ✓ Longueur de câble importante (300m)
- ✓ Bonne discrimination neutrons/gamma (peu d'empilements)

Inconvénients :

- ✓ Electronique rapide → Bruit électronique
- ✓ Gain important

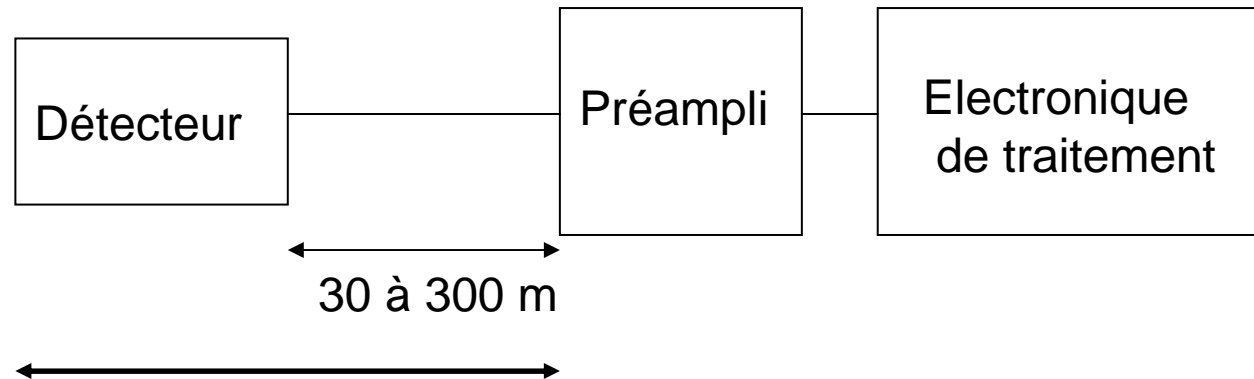
Domaine d'application :
Réacteurs et usines



énergie atomique • énergies alternatives

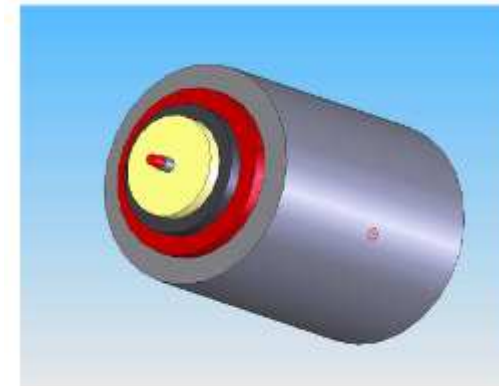
Directions et réalisations de la R&D instrumentales

Réalisation d'architecture générique pour la mesure nucléaire



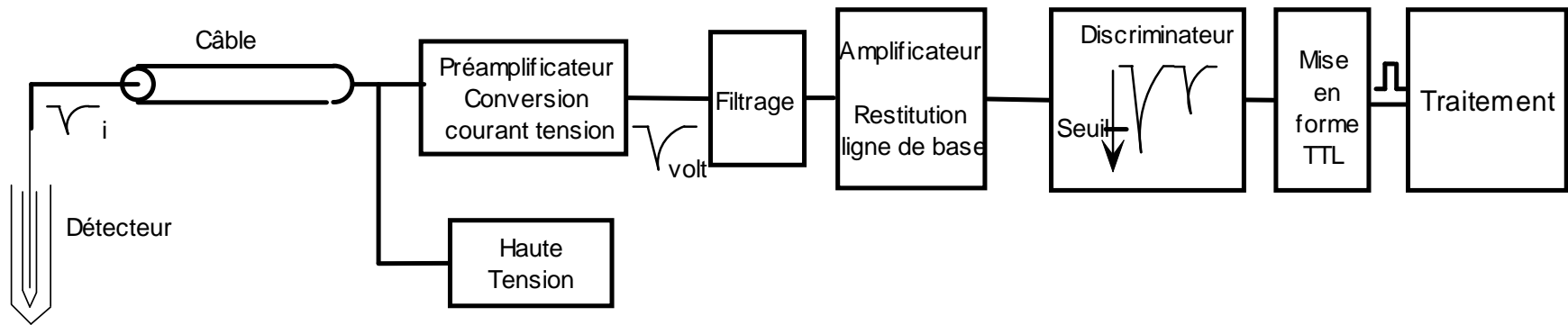
Pas de composant actif !!!
Solution de propagation différentielle monofilaire

- ✓ Contraintes sur design câble et CEM
- ✓ Report de la difficulté sur design PA
- ✓ **Flexibilité de maintenance**
 - ✓ **Electronique hors zone**



Câble à isolant minéral sub-miniature à haute immunité aux parasites CEM.

Amplification et traitement des impulsions



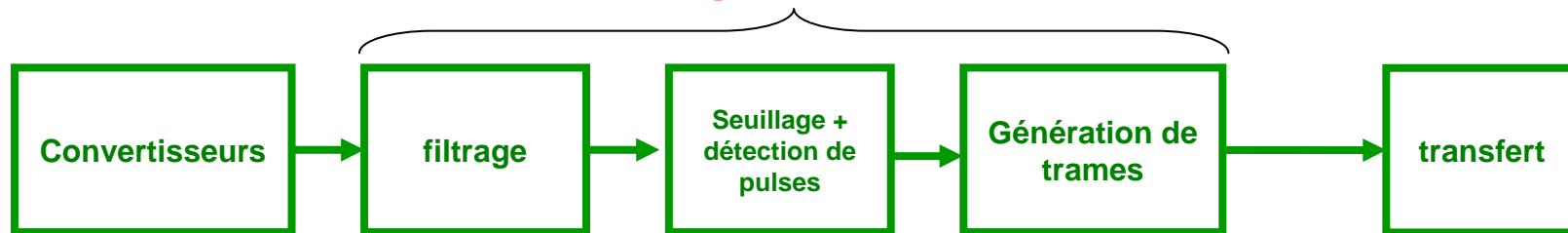
Synoptique d'une chaîne de mesure en impulsion appliquée aux réacteurs nucléaires

Réalisation d'architecture générique pour la mesure nucléaire

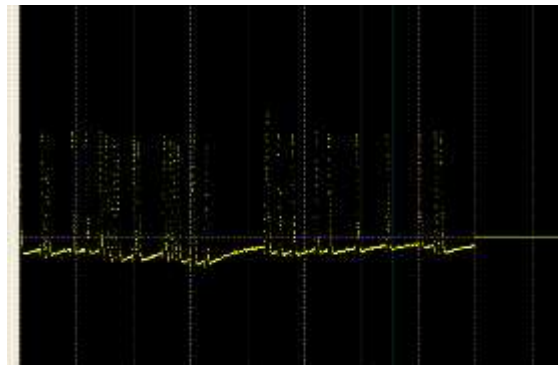
Plateforme d'instrumentation nouvelle génération : PING

Objectif : Pérenniser les fonctions indépendamment du Hardware

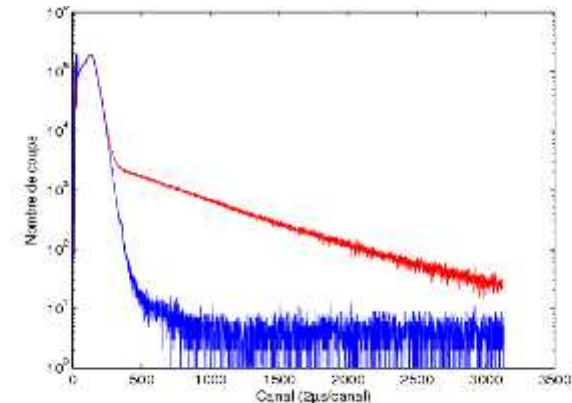
Algorithmes



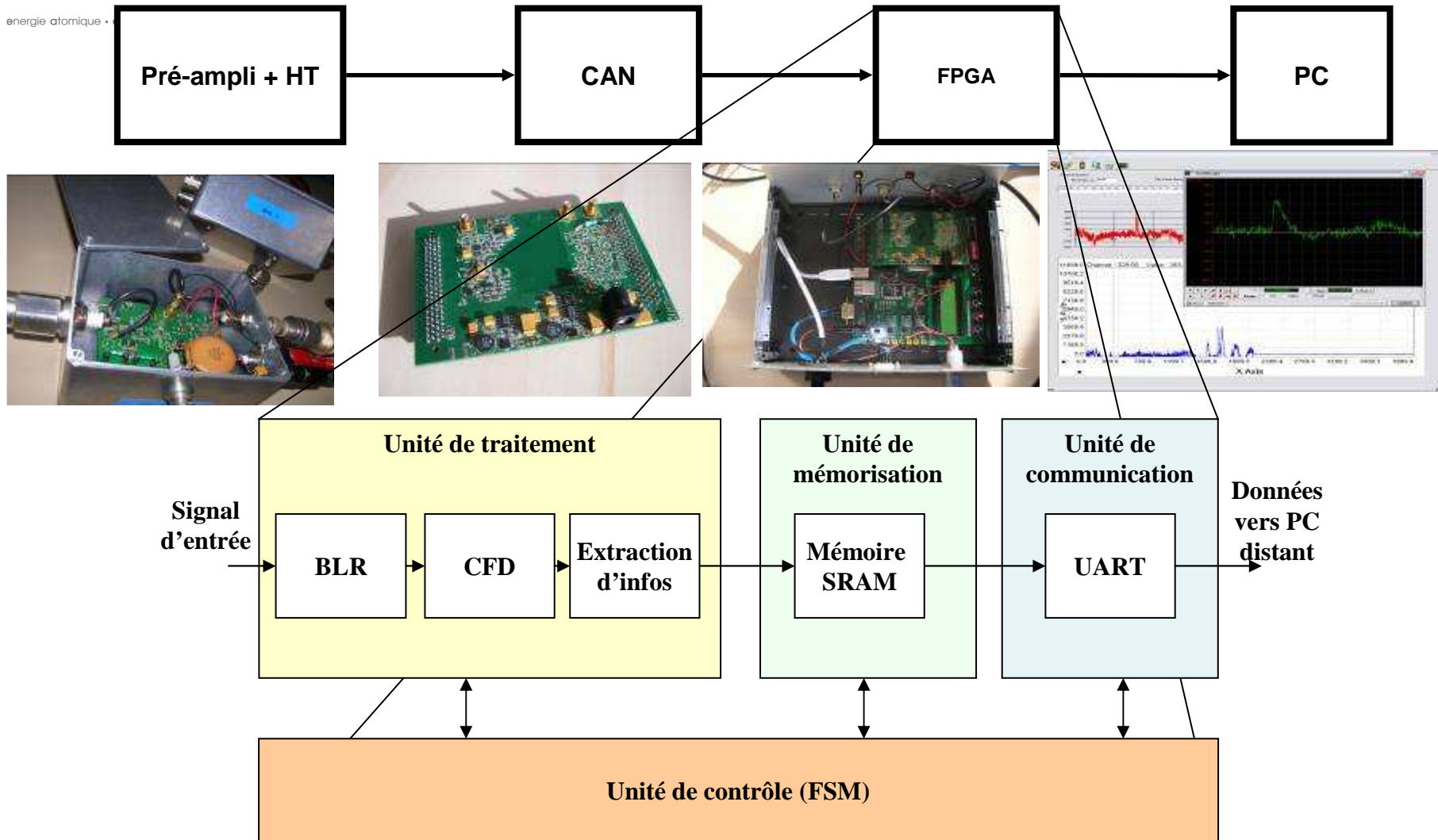
Hardware



Signal

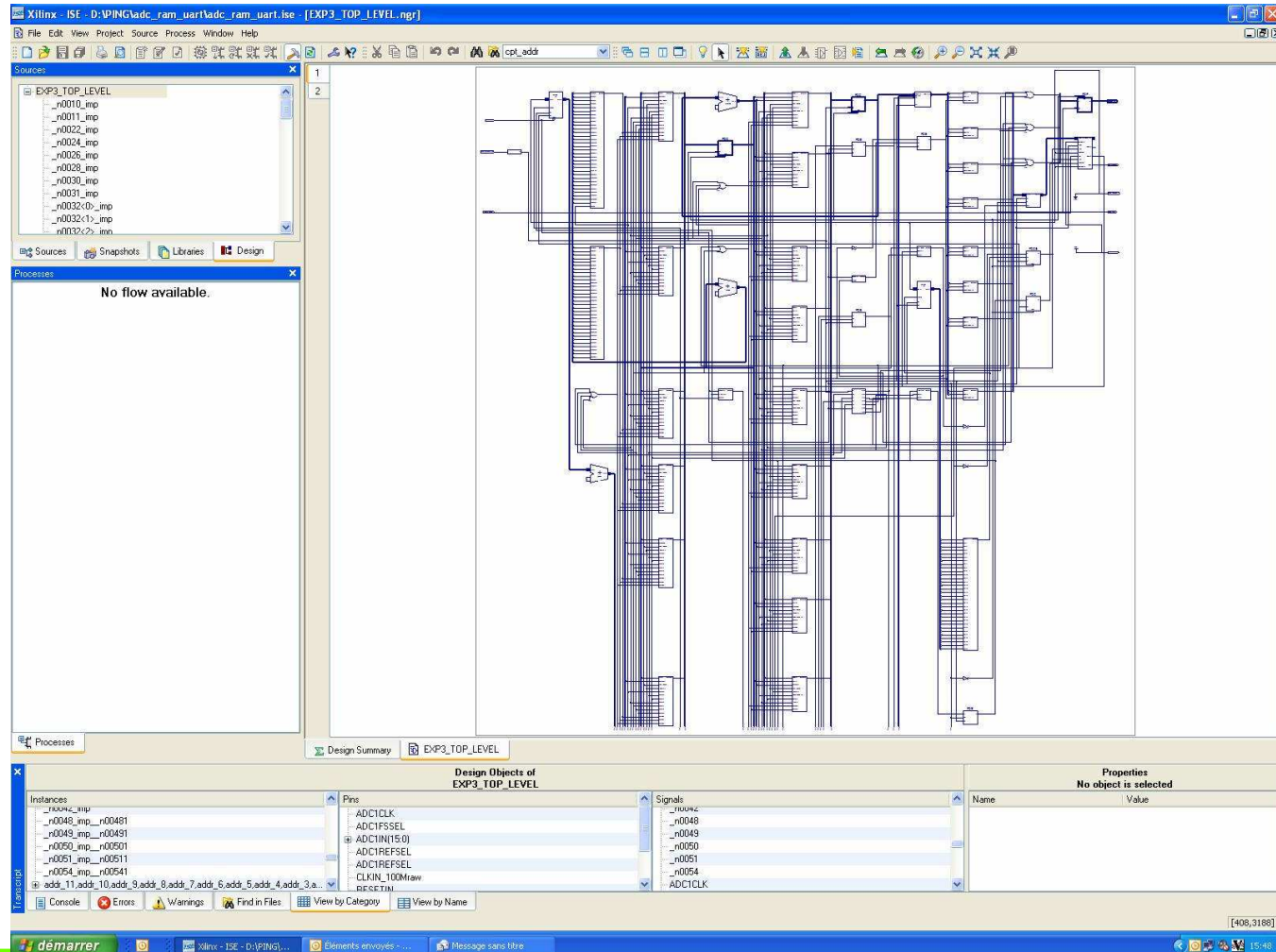


Information

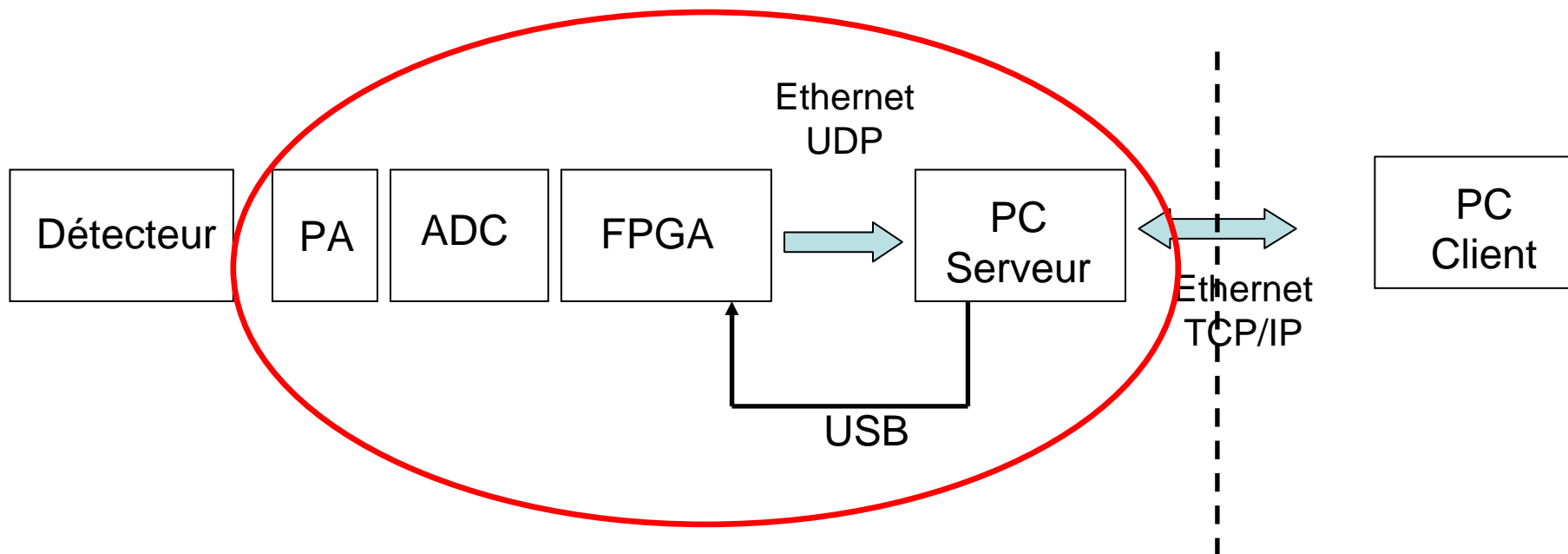


Réalisation d'architecture générique pour la mesure nucléaire

Une fonction de mesure nucléaire ➡ Un algorithme embarqué en VHDL



Voyons plus en détails l'architecture système retenue



Intégration d'un PC compact :

- Augmenter la flexibilité de l'architecture
- Problématique surface FPGA pour protocole TCP
- Faciliter la gestion des communications (protocole TCP/IP)

Le changement de monde !

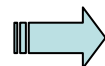


Le soft est l'instrument de mesure

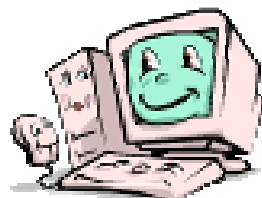
- Adaptabilité
- Pérénité
- Flexibilité



1974

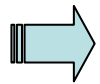
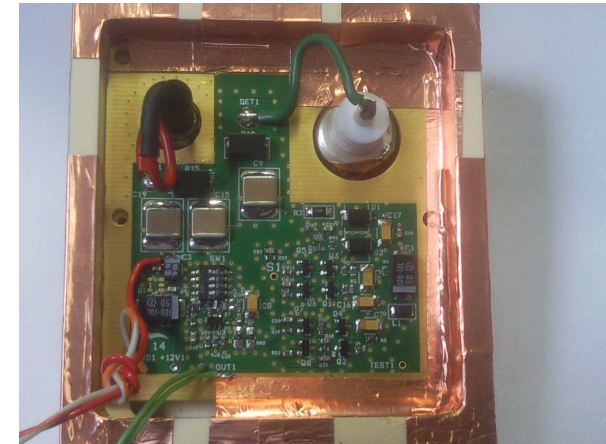
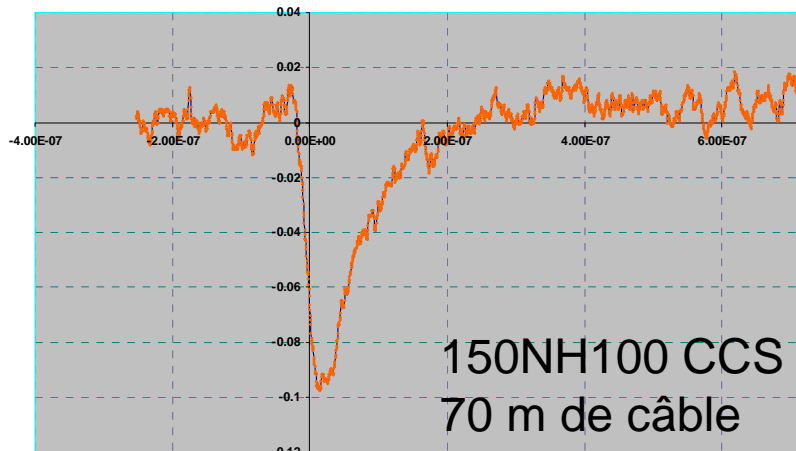


MAIS coûteux en puissance de calcul



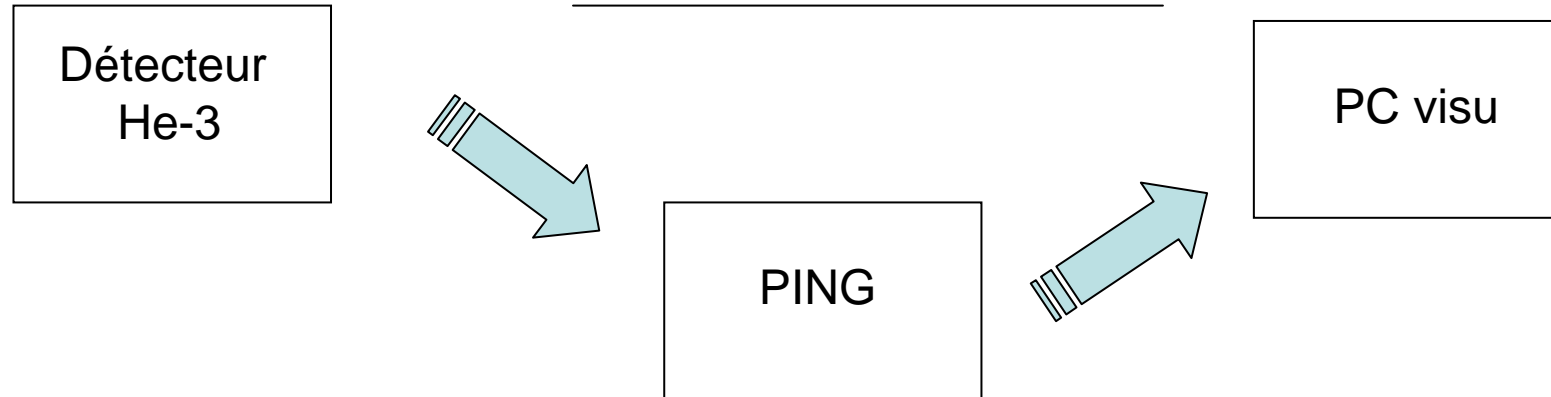
Voyons maintenant le cas d'une chaîne neutronique de type Usine (He-3)

Préamplificateur à collecte de courant

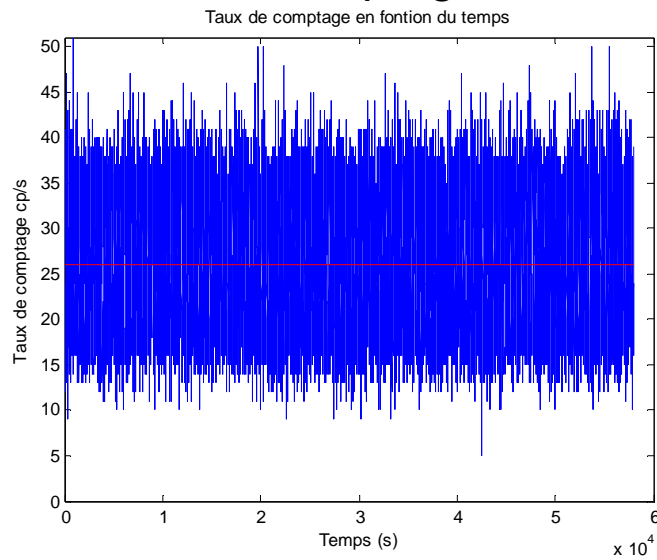


- ✓ Niveau de bruit plus faible
- ✓ Intégration mécanique
- ✓ Plus grande stabilité vis à vis de la longueur de câble

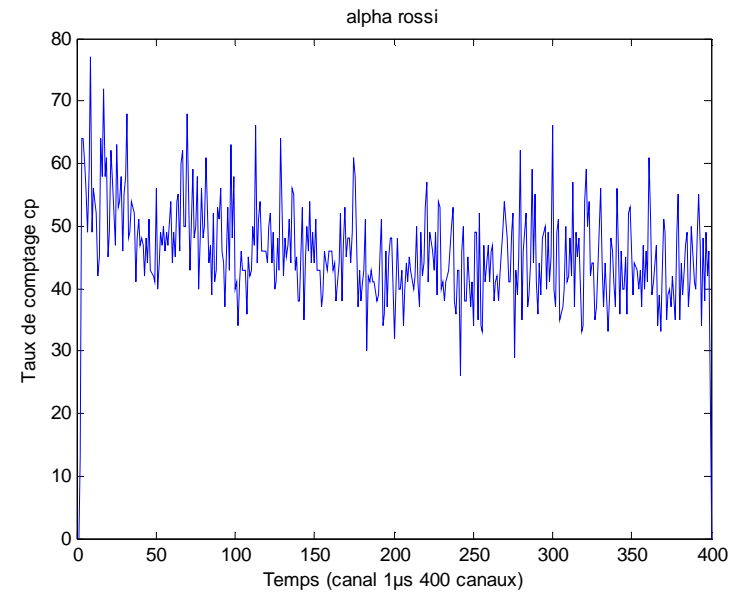
Quelques résultats d'une chaîne instrumentale



Evolution comptage source



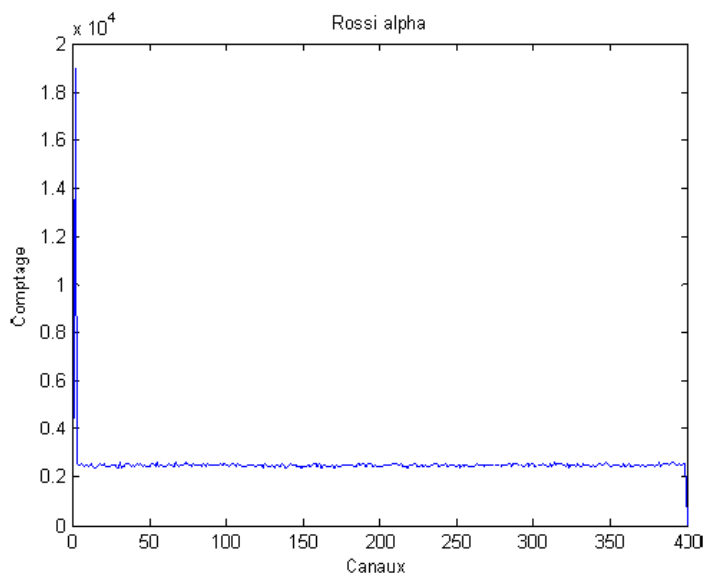
Rossy alpha



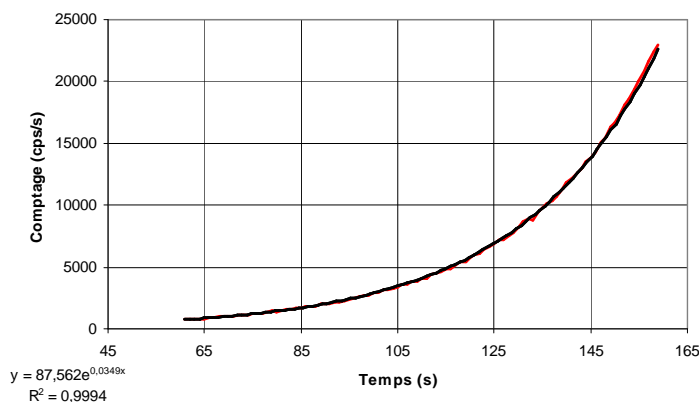
Réalisation d'architecture générique pour la mesure nucléaire

Quelques résultats d'une chaîne instrumentale pour le CNP et réacteur

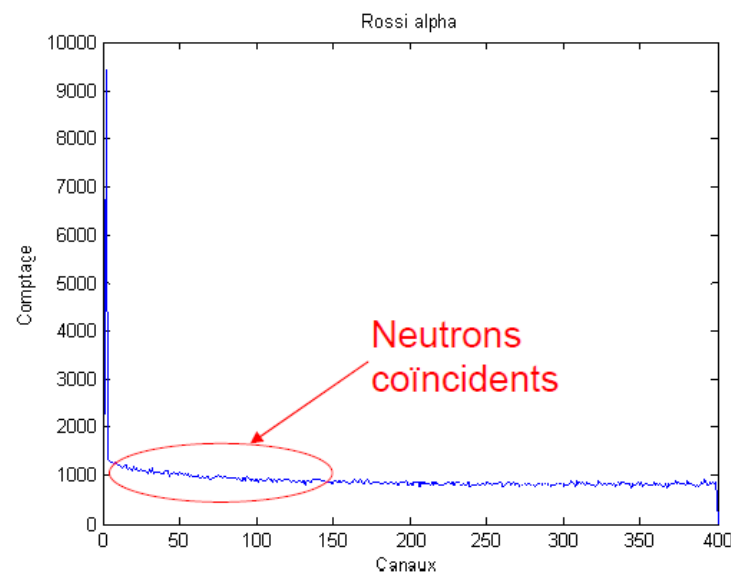
AmLi



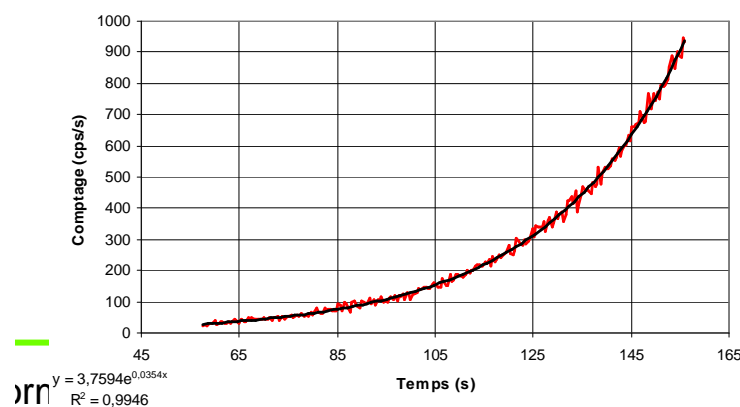
Divergence 02/02/11 14h17 60W 2247 PING



Cf-252

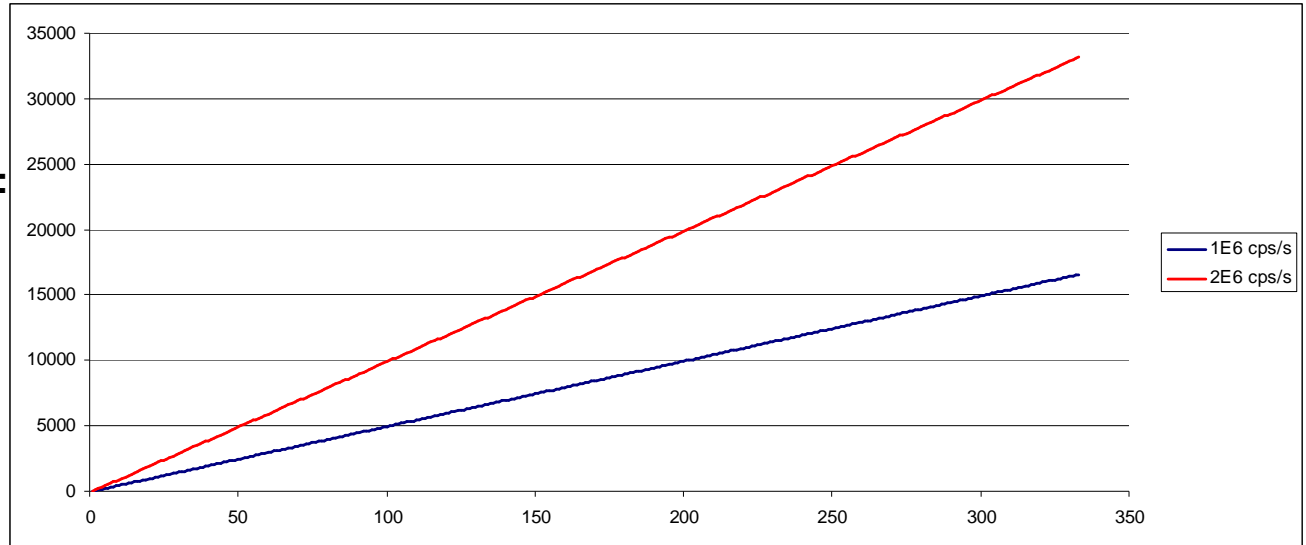


Divergence 02/02/11 14h17 50W 2103 Elec Expérimentale



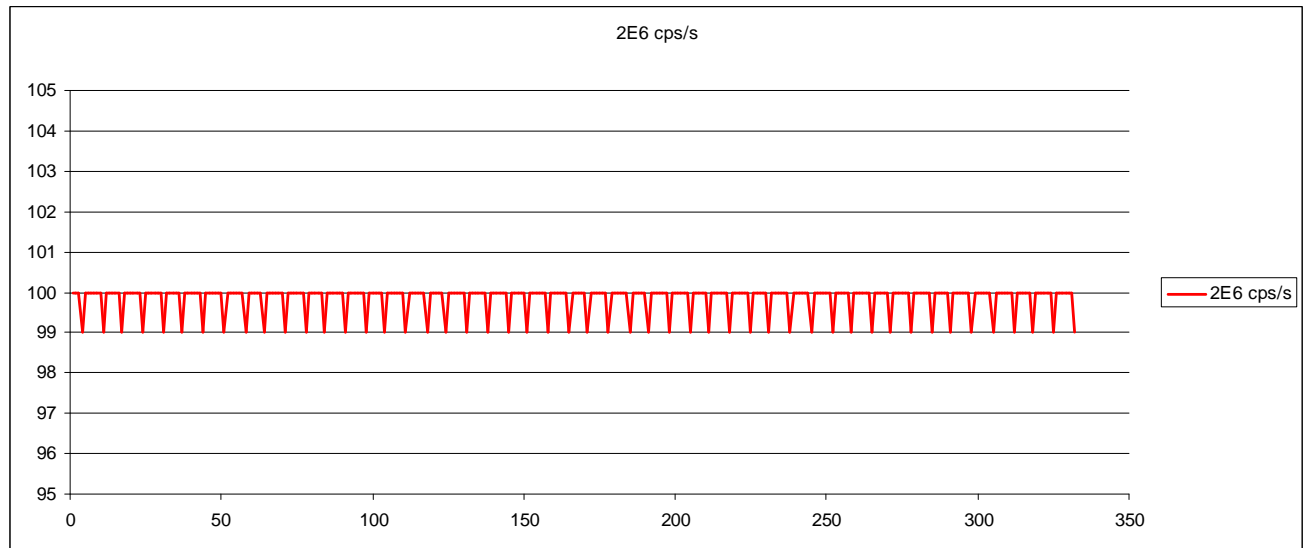
Amélioration du transfert de données par passage en UDP :

~ 50 Mbits/s à 10^6 cps /s
 ~ 100 Mbits/s à $2 \cdot 10^6$ cps /s



Stabilisation de la datation et élimination des rebonds :

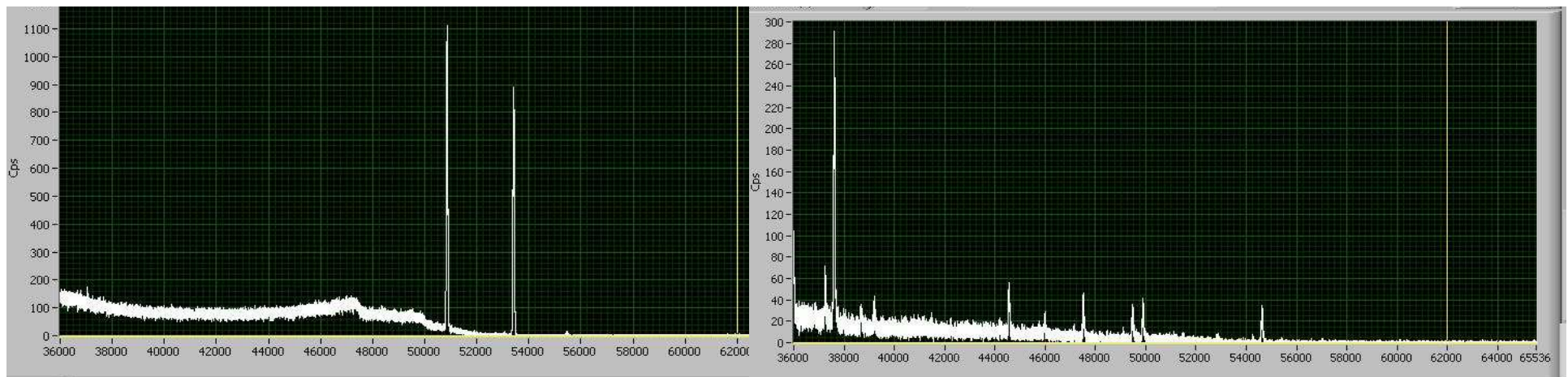
+/- 10 ns
de 1cp/s à $2 \cdot 10^6$ cps/s



La flexibilité : un intérêt pour la maintenance

Après reprogrammation et changement de pré-amplificateur

Chaîne neutronique peut devenir une chaîne de spectrométrie gamma



Co-60

Eu-152



énergie atomique • énergies alternatives

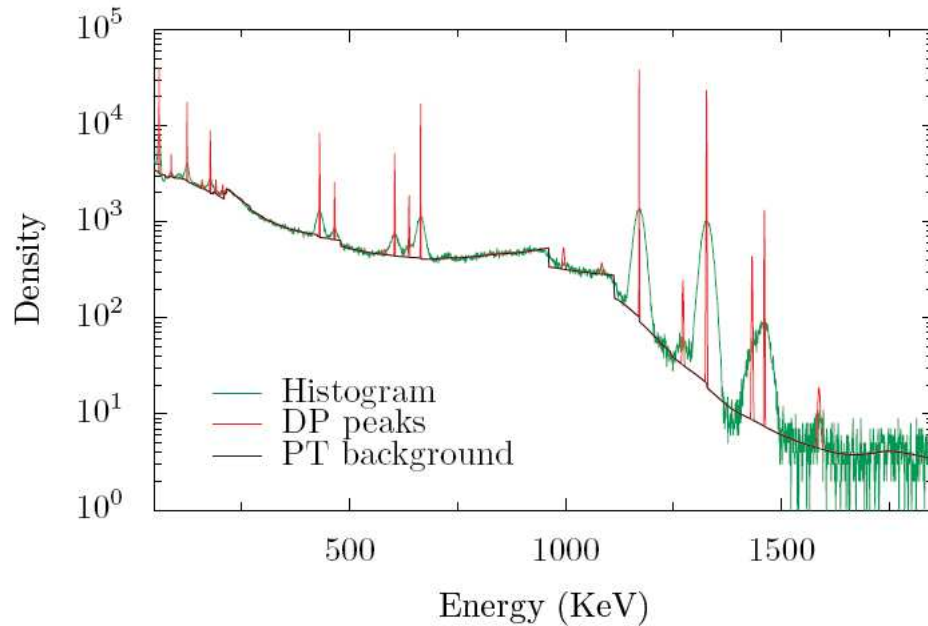
Concepts et réalisations en traitement de l'information

Concepts et réalisations en traitement de l'information

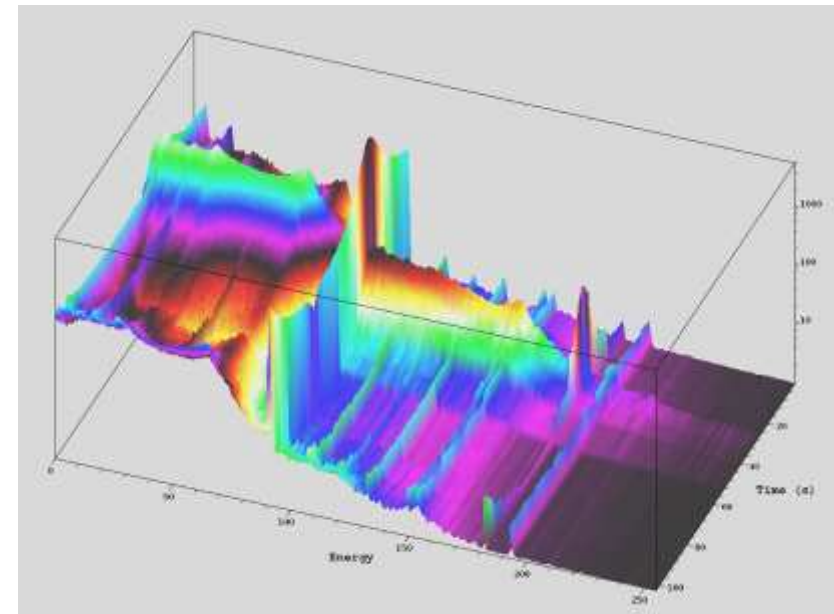
- Traitement numérique temps réel bayésien
- *Architecture bas coût* à base de proc. X86 + Gigabit Ethernet
- Mesure des activités **non stationnaires**
- **Déconvolution bayésienne non paramétrique**



Système Adonis



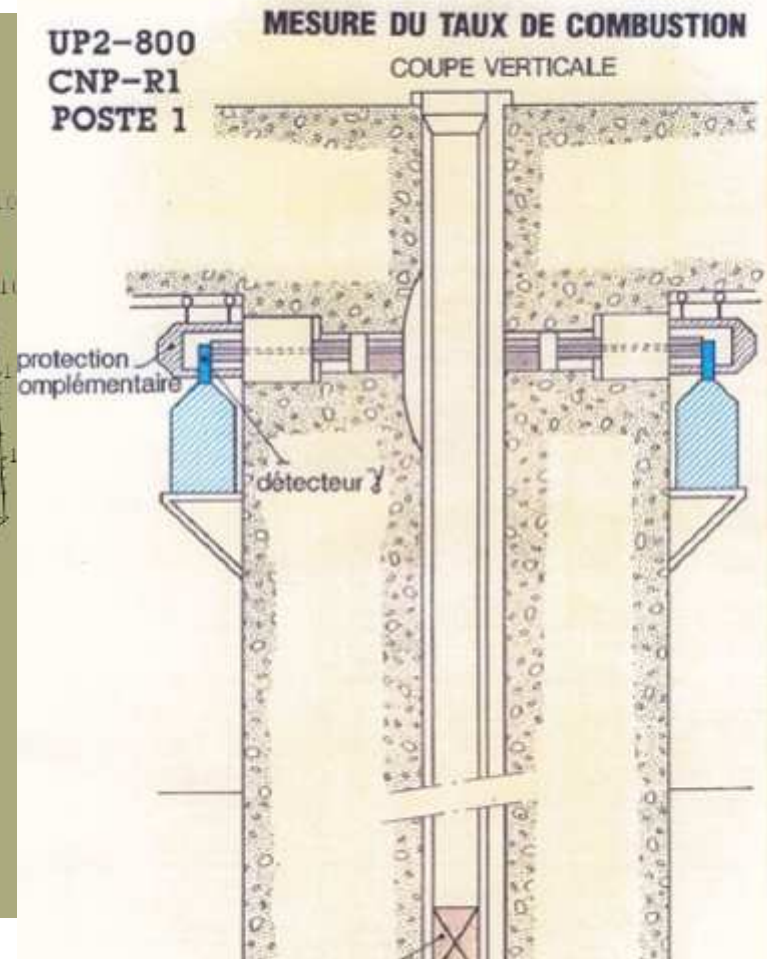
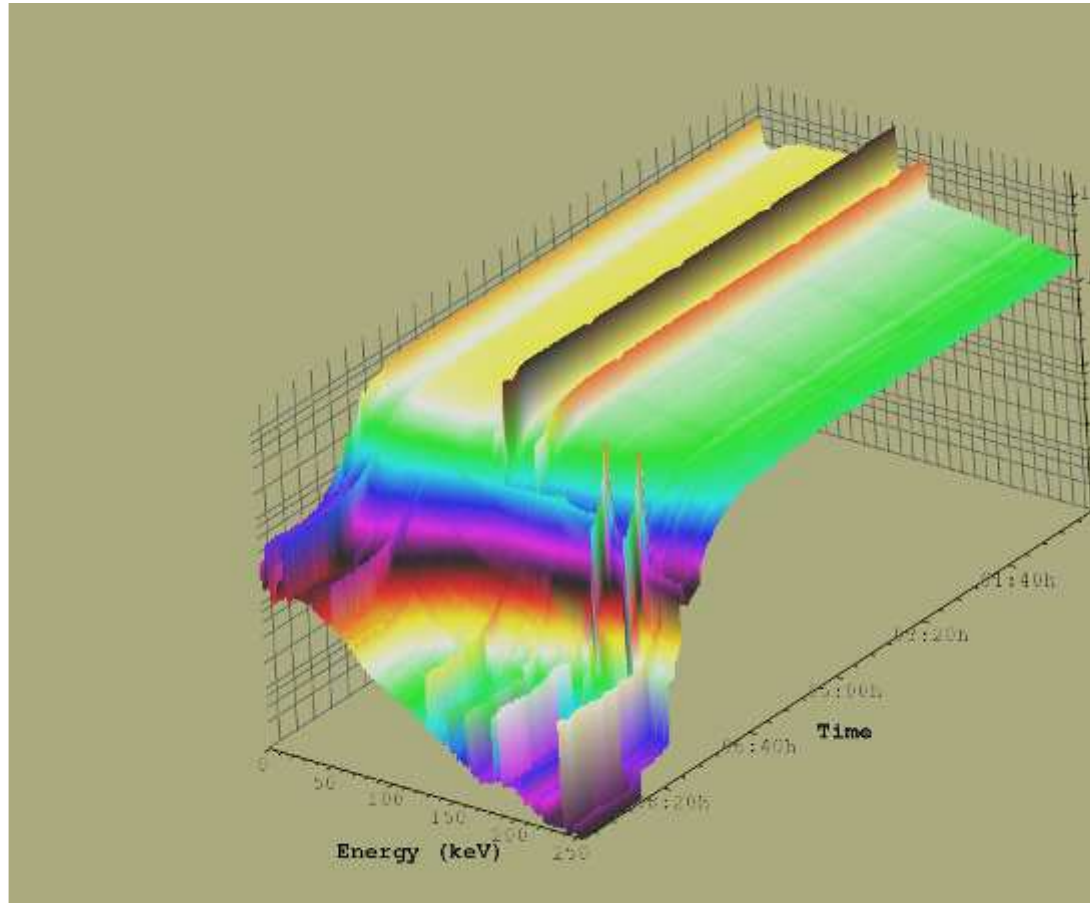
Spectre LaBr3:Ce



Spectre biparamétrique (temps/énergie)

ADONIS : un système complet pour la spectrométrie à HTC

énergie atomique • énergies alternatives



Spectre gamma obtenu à un taux de comptage >2 Mcps/s !!!!

Quelques fils à garder en mémoire

- Beaucoup de systèmes actuellement en place sont obsolètes
- Différence PA courant / PA de charge
- Concept architecturaux de plateforme générique
 - Adaptable aux mesures de datation neutronique
 - Adaptables aux mesures de spectrométrie gamma
- Possibilité d'aller au delà du signal en traitement l'information par des approches Monte Carlo de type Baysienne (nécessité une puissance de calcul

Merci de votre attention